

DOI: 10.34031/2071-7318-2026-11-3-116-127

**Прокопенко В.В.**

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: v.v.p\_24@mail.ru

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ КАК КЛЮЧЕВОГО ЭЛЕМЕНТА ВОДНО-ЗЕЛЕННОГО КАРКАСА ГРУППОВОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

**Аннотация.** Пространственные характеристики водно-зеленого каркаса (далее ВЗК) на уровне группового объединения градостроительных систем (далее ГС) определяются структурой и свойствами входящих в них ГС. Для комплексного анализа предлагается систематизация зон и подсистем ВЗК, охватывающая пригородную и зеленую зоны, подсистемы озелененных территорий отдельных ГС и линейные объекты, обеспечивающие их взаимосвязь. Ключевым элементом структуры ВЗК на уровне группового объединения ГС является пригородная зона, требующая определения границ.

Представлена авторская методика определения границ пригородной зоны, основанная на комплексном подходе, сочетающем математическое и градостроительное моделирование, а также поэтапную процедуру сбора и анализа данных. Математическое моделирование включает расчет функции общей функциональной связи между центральным городом и пригородными населенными пунктами на основе экономических, инфраструктурных, рекреационных, культурных, трудовых и экологических связей. Градостроительное моделирование предполагает ранжирование территорий по степени их зависимости от центральной ГС, определение функциональных типов территорий, анализ транспортной доступности и экологическую оценку.

Реализация данной методики позволяет сформировать алгоритм определения границ пригородной зоны, включающий сбор релевантных данных, определение весовых коэффициентов для различных критериев, расчет функции общей функциональной связи, установление порогового значения этой функции и последующее картографирование полученных результатов. Предложенная методика развивает научно-проектную концепцию Большой Волгоград и обеспечивает возможность численной оценки функциональных связей между городом и окружающими территориями, что является необходимым условием для определения границ группового объединения ГС и формирования эффективной стратегии пространственного развития агломерации.

**Ключевые слова:** водно-зеленый каркас, градостроительная система, групповое объединение градостроительных систем, ГС Большой Волгоград.

**Введение.** Пространственные свойства водно-зеленого каркаса на уровне группового объединения градостроительных систем характеризуются его собственной структурой и свойствами градостроительных систем, частью которых он является. Структура группового объединения ГС представляет собой интеграцию территориальных элементов в единое целое, включая ГС, пригородные и межселенные территории. В его основе лежит градостроительная система – центр системы с подцентрами, транспортные магистрали и ландшафтные территории. ВЗК на данном территориальном уровне требует систематизации зон и подсистем [1].

**Зонирование и подсистемы ВЗК на уровне группового объединения ГС.** Нами выделены четыре группы зон и подсистем (рис. 1): *пригородная зона*. Может включать разные подуровни, т.е. ядра – природные территории, включающие особо-охраняемые зоны, заповедники, национальные парки, заказники и др. (рис. 2); *зеленая зона*, представляет собой буфер для ограничения роста отдельной градостроительной системы; *подсистема* – системы озелененных территорий отдельных градостроительных систем и *линейные объекты*, т.е. система связи между всеми рассмотренными зонами и подсистемами [2–5].



Рис. 1. Водно-зеленый каркас на уровне группового объединения ГС

Необходимо понимать, что каждый элемент системы может быть природного и антропогенного характера, поэтому в связи с многообразием функций, выполняемых водно-зеленым каркасом на уровне группового объединения градостроительных систем, следует выделить самостоятельные элементы системы, входящие в его структуру. Пригородная зона является наиболее обширной системой структуры водно-зеленого каркаса в групповом объединении ГС (см. рис. 2) [6, 7].



Рис. 2. Структура пригородной зоны водно-зеленого каркаса на уровне группового объединения ГС

Групповая градостроительная система, рассматриваемая в данном исследовании, является продолжением научно-проектной концепции Большой Волгоград, предложенной в конце 1990-х годов под руководством профессора Атопова В. И. и академика Антюфеева А. В. Большой Волгоград — исторический и культурный центр России, расположенный на берегу реки Волги, начал свое становление в 1954 году. Создание города-спутника Волжский и возведение Волжской ГЭС стали отправной точкой развития сложной и динамичной структуры [8].

В наши дни Большой Волгоград включает не только собственно город Волгоград, но и близлежащие населённые пункты, формирующие объединённую градостроительную систему, которая представляет собой агломерационную структуру с развитой системой взаимосвязей в различных областях. Поэтому развитие градостроительной системы Большой Волгоград, затрагивает вопрос определения границ ее агломерационной активности и связанных с ней пригородных зон, которые играют ключевую роль в обеспечении сбалансированного развития системы. Основная задача данного этапа заключается в анализе формирования пригородной зоны Волгограда, выявлении ее ключевых функциональных связей и общей пространственной структуры, включая процессы, связанные с установлением условных границ ГС Большой Волгоград. Важным этапом формирования системы Большой Волгоград является установление функциональных связей между градостроительной системой Волгоград и ее пригородной зоной. Эти связи определяют устойчивость и целостность градостроительной системы, а их изучение служит основой для дальнейшего территориального планирования [9].

Цель исследования заключается в разработке и апробации методики определения границ пригородной зоны, включающей математическое моделирование функциональных связей, градостроительное моделирование с ранжированием территорий. Объектом исследования является водно-зеленый каркас группового объединения градостроительных систем, а предметом —

методика определения границ пригородной зоны.

Предлагаемая методика рассматривает границы пригородной зоны как ключевой элемент водно-зеленого каркаса группового объединения градостроительных систем, основываясь на комплексном подходе, объединяющем математическое и градостроительное моделирование с последовательным сбором, анализом и картографированием данных. Границы исследования определяются посредством применения разработанной методики к конкретной градостроительной системе Большой Волгоград.

Гипотеза исследования состоит в том, что пригородная зона формируется в процессе взаимодействия центрального города и прилегающих территорий, направленного на оптимизацию распределения ресурсов и обеспечение устойчивого развития.

**Материалы и методы.** Степень разработанности темы исследования подтверждается значительным объемом практических и теоретических работ, выполненных отечественными и зарубежными исследователями. Аналитический обзор научной литературы показал, что в современной градостроительной теории значительное количество работ, посвященных формированию зеленого пространства как системы озелененных территорий и пригородных зеленых зон [10, 11]. В рамках этого направления изучаются вопросы архитектурно-планировочной организации объектов системы озелененных территорий [12], их влияние на формирование качества городской среды [13–16], проводится эколого-экономическая оценка озелененной территории [17]. В частности, работы [18–20] посвящены пониманию взаимодействия между городом и пригородными территориями в контексте градостроительного планирования. Исследования [21, 22] акцентируют внимание на ключевой роли транспортной доступности в формировании пригородных зон и раскрытии их потенциала.

Вместе с тем, предложенная авторская методика по определению границ пригородной зоны, рассматриваемой как подсистема водно-зеленого

каркаса на групповом уровне объединения градостроительных систем, отличается комплексным подходом, сочетающим математическое моделирование и гибкость градостроительного планирования. Это позволяет учесть широкий спектр факторов, определяющих взаимодействие между центральным городом и окружающими его территориями. Интеграция количественных и качественных методов, анализа данных и картографирование, представляет собой комплексный инструмент для градостроительного планирования и эффективного управления развитием территорий. Отличительной особенностью предложенной методики является ее применимость для определения границ не отдельной пригородной зоны, а границ целого группового объединения градостроительных систем, что позволяет рассматривать взаимосвязи и взаимовлияние между

несколькими городами и окружающими их территориями в рамках единой системы.

Пригородная зона формируется как результат сложного взаимодействия между центральным городом (ядром объединения градостроительных систем) и окружающими его территориями. Это взаимодействие обусловлено стремлением к оптимизации распределения ресурсов, трудовых потоков, экономических выгод и экологической устойчивости. Граница пригородной зоны определяется как градиент интенсивности этих взаимодействий, где уровень взаимосвязанности с ядром достаточно высок для интеграции территории в градостроительную систему. Основные положения методики представлены на рисунке 3.



Рис. 3. Алгоритм установления пригородной зоны

**I. Математическое моделирование.** Введем следующие обозначения:

$G$  – центральный город (ядро градостроительной системы).

$P(i)$  –  $i$ -й пригородный населенный пункт.

$D(G, P(i))$  – расстояние между  $G$  и  $P(i)$ . Может измеряться в физических единицах (км) или

в единицах транспортной доступности (время в пути)

$F(G, P(i), k)$  – функциональная связь между  $G$  и  $P(i)$  по критерию  $k$ . Критерии  $k$  включают:  $e$  – экономические связи (объем товарооборота, инвестиции, трудовые потоки);

$i$  – инфраструктурные связи (транспорт, энергетика, коммуникации);

$r$  – рекреационные связи (поток туристов, использование рекреационных ресурсов);

$c$  – культурные связи (обмен культурными ценностями, посещение культурных мероприятий);

$l$  – трудовые связи (маятниковая миграция рабочей силы);

$ec$  – экологические связи (совместное использование природных ресурсов, влияние на экологию);

$w(k)$  – вес критерия  $k$ . Отражает относительную важность критерия в формировании пригородной зоны.  $\sum w(k) = 1$ .

$T$  – пороговое значение общей функциональной связи, определяющее принадлежность к пригородной зоне.

Функция общей функциональной связи ( $S$ ) определяется как (для всех  $k$ ):

$$S(G, P(i)) = \sum [w(k) * F(G, P(i), k)] \quad (1)$$

Решение о включении  $P(i)$  в пригородную зону:

если  $S(G, P(i)) \geq T$ , то  $P(i)$  входит в пригородную зону;

если  $S(G, P(i)) < T$ , то  $P(i)$  не входит в пригородную зону.

**II. Градостроительное моделирование** (см. рис. 4.). Градостроительная модель устанавливает критерии, определяющие вес функциональных связей и пороговое значение  $T$ .

*Ранжирование территорий.* Для определения границ влияния ГС необходимо ранжировать прилегающие территории по степени их зависимости от центральной ГС. Предлагается классифицировать потенциальные пригородные территории по рангам на основе критериев близости к ядру (как физической, так и временной), наличия общих границ, и потенциала для развития функциональных связей. Ранжирование территорий по степени их функциональной связанности с центральным городом позволяет определить приоритетные направления развития и инвестиций. Ранжирование может быть осуществлено следующим образом:

- первый ранг – территории, непосредственно примыкающие к центральной ГС и имеющие наиболее тесные функциональные связи;
- второй ранг – территории, расположенные на некотором удалении, но сохраняющие устойчивые функциональные связи, а также территории, примыкающие к поперечным коридорам связей;
- третий ранг – периферийные территории, имеющие ограниченные связи с центральной ГС.

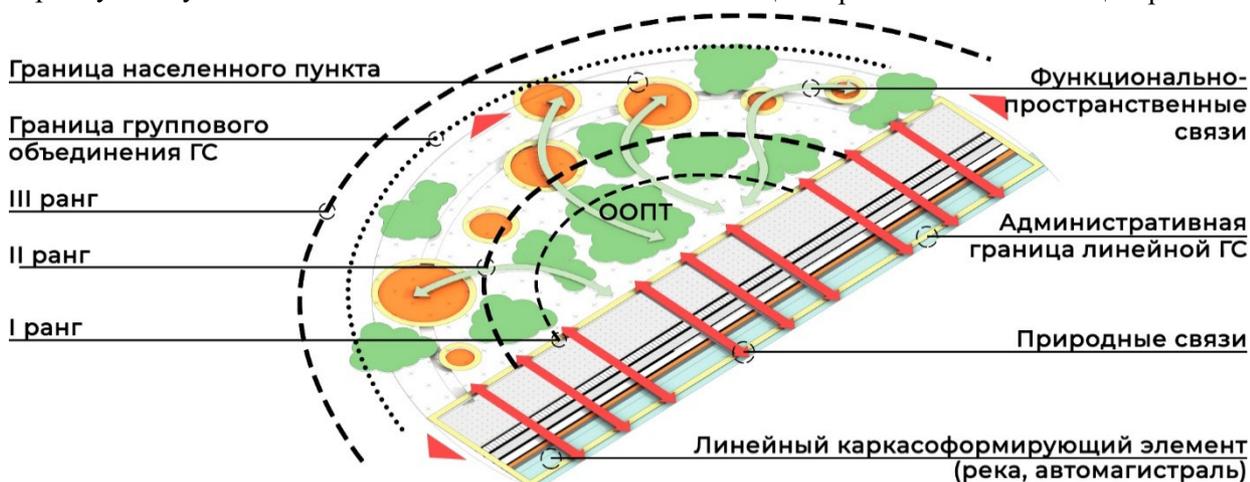


Рис. 4. Схема градостроительной модели по установлению пригородной зоны

*Определение функциональных типов территорий.* Необходимо установить специализацию пригородных территорий (сельскохозяйственные, промышленные, рекреационные и т.д.) и их роль в обеспечении устойчивости всей градостроительной системы. Разные типы территорий имеют свою интенсивность функциональных связей по различным критериям.

*Анализ транспортной доступности.* Транспортная доступность является ключевым фактором, определяющим возможность и интенсивность взаимодействия между городом и пригоро-

дом. Необходимо определить не только расстояние, но и качество транспортной инфраструктуры, а также учесть изохроны транспортной доступности при определении границ пригородной зоны [21, 22].

*Экологическая оценка.* Пригородная зона должна рассматриваться как единая экологическая система. Необходимо определить влияние города на пригород и наоборот, а также разработать меры по сохранению и восстановлению природных ресурсов. Особое внимание следует уделить территориям с высокой природоохранной ценностью [23].

### III. Этапы установления пригородной зоны.

*Этап 1. Сбор данных:* сбор и анализ данных о функциональных связях между центральным городом и окружающими населенными пунктами по всем критериям (экономика, инфраструктура, рекреация, культура, трудовые ресурсы, экология).

*Этап 2. Определение весов критериев ( $w(k)$ ):* экспертная оценка и статистический анализ для определения относительной важности каждого критерия в формировании пригородной зоны. Веса могут варьироваться от специфики конкретной градостроительной системы.

*Этап 3. Расчет функции общей функциональной связи ( $S(G, P(i))$ ):* расчет для каждого потенциального пригородного населенного пункта.

*Этап 4. Установление порогового значения ( $T$ ):* определение порогового значения, разделяющего территории, входящие и не входящие в пригородную зону. Может быть установлено на основе анализа исторических данных, экспертных оценок или оптимизационных расчетов.

*Этап 5. Картографирование:* отображение полученных результатов на карте с выделением пригородной зоны.

*Этап 6. Корректировка:* Регулярная корректировка границ пригородной зоны на основе изменений в функциональных связях и градостроительной ситуации.

Представленная методика, основанная на интеграции математического и градостроительного моделирования, а также поэтапном анализе и картографировании данных, представляет собой комплексный инструмент для определения

границ пригородной зоны как ключевого элемента водно-зеленого каркаса на групповом уровне градостроительных систем. Она позволяет учитывать многообразие факторов, формирующих взаимодействие между центральным городом и окружающей территорией, и выявлять территории, в наибольшей степени интегрированные в градостроительную систему. Сочетание количественных (математическое моделирование функциональных связей) и качественных (градостроительное моделирование, ранжирование территорий, определение функциональных типов) подходов обеспечивает всестороннюю оценку и позволяет адаптировать методику к конкретным условиям каждой градостроительной системы. Предложенные этапы установления пригородной зоны обеспечивают систематизированный и воспроизводимый процесс, который может быть использован в практике градостроительного планирования и управления развитием территорий.

**Основная часть.** Определение границ группового объединения градостроительных систем осуществлялось путем ранжирования муниципальных районов, с использованием разработанной карты изохрон, отражающей ареалы связей между центрами и подцентрами на основе ГИС [24] (см. рис. 5). Применение разработанной авторской методики позволило определить количественные значения функциональных связей между Волгоградом и окружающими территориями (см. табл. 1), что, в свою очередь, дало возможность установить пороговое значение, разграничивающее территории, входящие и не входящие в групповое объединение ГС.

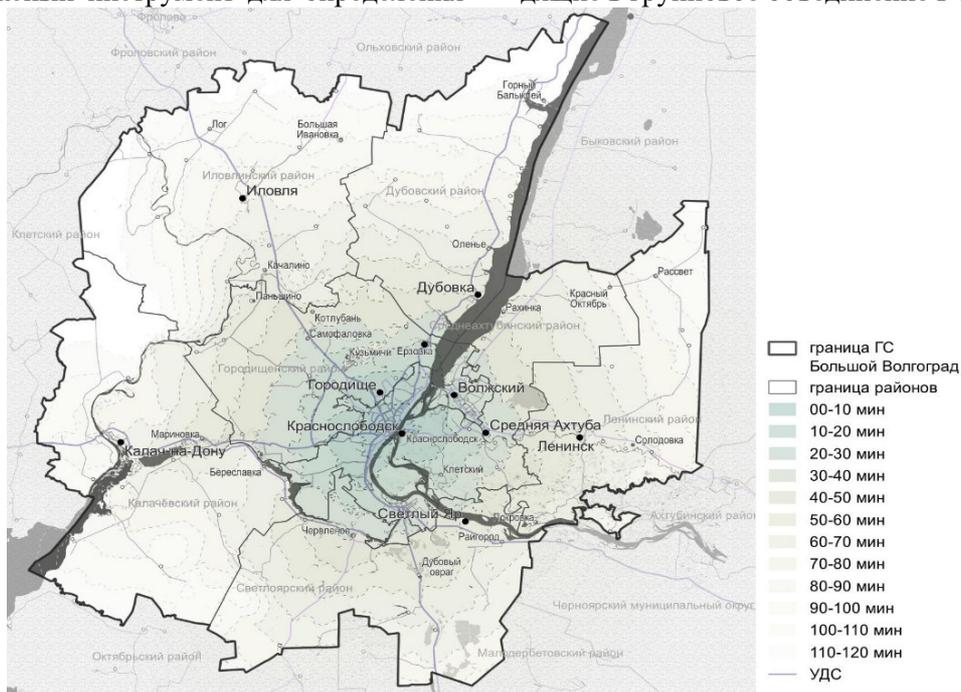


Рис. 5. Карта изохрон по территориальной связанности ГС «Большой Волгоград»

**Этапы реализации методики:**

Этап 1. Сбор данных и расчет интегрального показателя функциональной связи  $S(G, P(i))$ . На данном этапе осуществлялся сбор данных, отражающих экономические, инфраструктурные, рекреационные, культурные, трудовые и экологические связи между Волгоградом (G) и каждым населенным пунктом  $P(i)$  в его окружении. Для определения значимости различных типов связей

была проведена экспертная оценка (опрошено 10 экспертов) и статистический анализ результатов оценки, что позволило определить весовые коэффициенты функциональной взаимосвязи между Волгоградом как центром группового объединения ГС и населенными пунктами (табл. 1). На основе собранной информации был рассчитан общий показатель функциональной связи  $S(G, P(i))$  для каждого муниципального района.

Таблица 1

**Значения весовых критериев и функциональных связей муниципальных районов с Волгоградом**

Ранг /Муниципальный район	Значение весового критерия (w(k))	Функциональные связи между Волгоградом и муниципальным районом (F)
<i>I / Городищенский.</i> Расположен в междуречье Волги и Дона, восточная граница примыкает к городской черте Волгограда. Площадь района составляет 218 тыс. га, население – более 60 тысяч человек	w (e) = 0,20 – экономические связи; w (i) = 0,12 – инфраструктурные связи; w (r) = 0,05 – рекреационные связи; w (c) = 0,15 – культурные связи; w (l) = 0,2 – трудовые связи; w (ec) = 0,15 – экологические связи.	0,87
<i>I / Среднеахтубинский.</i> Расположен в юго-восточной части области между реками Волгой и Ахтубой. Расстояние до Волгограда – 38 км. Площадь – 2039 кв. км, население – 60,5 тыс. человек	w (e) = 0,1 – экономические связи; w (i) = 0,1 – инфраструктурные связи; w (r) = 0,50 – рекреационные связи; w (c) = 0,05 – культурные связи; w (l) = 0,14 – трудовые связи; w (ec) = 0,04 – экологические связи.	0,93
<i>I / Светлоярский.</i> Расположен в южном направлении от Волгограда. Площадь района составляет 3,3 тыс. кв. км, население – 36,7 тыс. человек. Расстояние до Волгограда – 55 км	w (e) = 0,10 – экономические связи; w (i) = 0,18 – инфраструктурные связи; w (r) = 0,15 – рекреационные связи; w (c) = 0,07 – культурные связи; w (l) = 0,20 – трудовые связи; w (ec) = 0,10 – экологические связи.	0,80
<i>II / Дубовский.</i> Расположен на северной границе ГС. Расстояние от Дубовки до Волгограда – по автомобильной дороге Р 228 – 52 км. Население района – около 29,7 тыс. человек. Расстояние до Волгограда более 75 км	w (e) = 0,20 – экономические связи; w (i) = 0,15 – инфраструктурные связи; w (r) = 0,15 – рекреационные связи; w (c) = 0,17 – культурные связи; w (l) = 0,10 – трудовые связи; w (ec) = 0,08 – экологические связи.	0,70
<i>II / Ленинский.</i> Расположен к востоку от Волгограда. Площадь – 4000 кв. км, население – 30,4 тыс. человек. Расстояние до Волгограда – более 80 км	w (e) = 0,25 – экономические связи; w (i) = 0,14 – инфраструктурные связи; w (r) = 0,13 – рекреационные связи; w (c) = 0,03 – культурные связи; w (l) = 0,05 – трудовые связи; w (ec) = 0,05 – экологические связи.	0,65
<i>II / Калачевский.</i> Расположен на западе Волгограда. Площадь – 4,2 тыс. кв. км, население – 54,4 тыс. человек. Расстояние до Волгограда – более 80 км	w (e) = 0,10 – экономические связи; w (i) = 0,15 – инфраструктурные связи; w (r) = 0,15 – рекреационные связи; w (c) = 0,03 – культурные связи; w (l) = 0,16 – трудовые связи; w (ec) = 0,08 – экологические связи.	0,67
<i>II / Иловлинский.</i> Занимает северо-западное направление от Волгограда. Население – около 12,7 тыс. человек. Расстояние до Волгограда – более 80 км	w (e) = 0,10 – экономические связи; w (i) = 0,19 – инфраструктурные связи; w (r) = 0,15 – рекреационные связи; w (c) = 0,02 – культурные связи; w (l) = 0,12 – трудовые связи; w (ec) = 0,03 – экологические связи.	0,69

Этап 2. Установление порогового значения связи (Т). На основе анализа исторических данных и экспертных оценок было определено пороговое значение связи  $T = 0,6$ . Это значение представляет собой минимальный уровень функциональной связи, необходимый для включения муниципального района в ГС «Большой Волгоград» (см. рис.6). Территории, значение  $S(G, P(i))$  которых ниже Т, считаются не входящими в границы.

Этап 3. Картографирование и ранжирование территорий. На заключительном этапе была составлена карта территорий, для которых выполняется условие  $S(G, P(i)) \geq T$ . Это позволило визуализировать границы ГС и провести ранжирование муниципальных районов по степени их функциональной связанности с Волгоградом (см. рис. 6).

По результатам проведенных расчетов и анализа, границы ГС Большой Волгоград были определены следующим образом.

**Первый ранг:** Городищенский, Среднеахтубинский и Светлоярский районы имеют значение общей функциоанльной

связанности  $S(G, P(i)) \geq 0,75$ . Эти районы характеризуются расположением не более чем в 40 км от административных границ Волгограда и попадают в 50 км радиус от черты Волгограда. Районы первого ранга имеют наиболее устойчивые функциональные связи с Волгоградом (см. табл. 1): экономические, историко-культурные, природоохранные и инфраструктурные. Экономические связи обеспечены сельскохозяйственной деятельностью Городищенского и Светлоярского районов и производством стройматериалов в Среднеахтубинском районе. Историко-культурная связь обеспечивается развитой инфраструктурой культуры и наличием памятников регионального и федерального значения. Природоохранная связь обеспечивается территориями, представляющими особую ценность для сохранения объектов животного и растительного мира. Центры первого ранга: г. Волжский, р.п. Средняя Ахтуба, г. Краснослободск, поселок Городище, поселок Светлый Яр (срис. 6) [25].

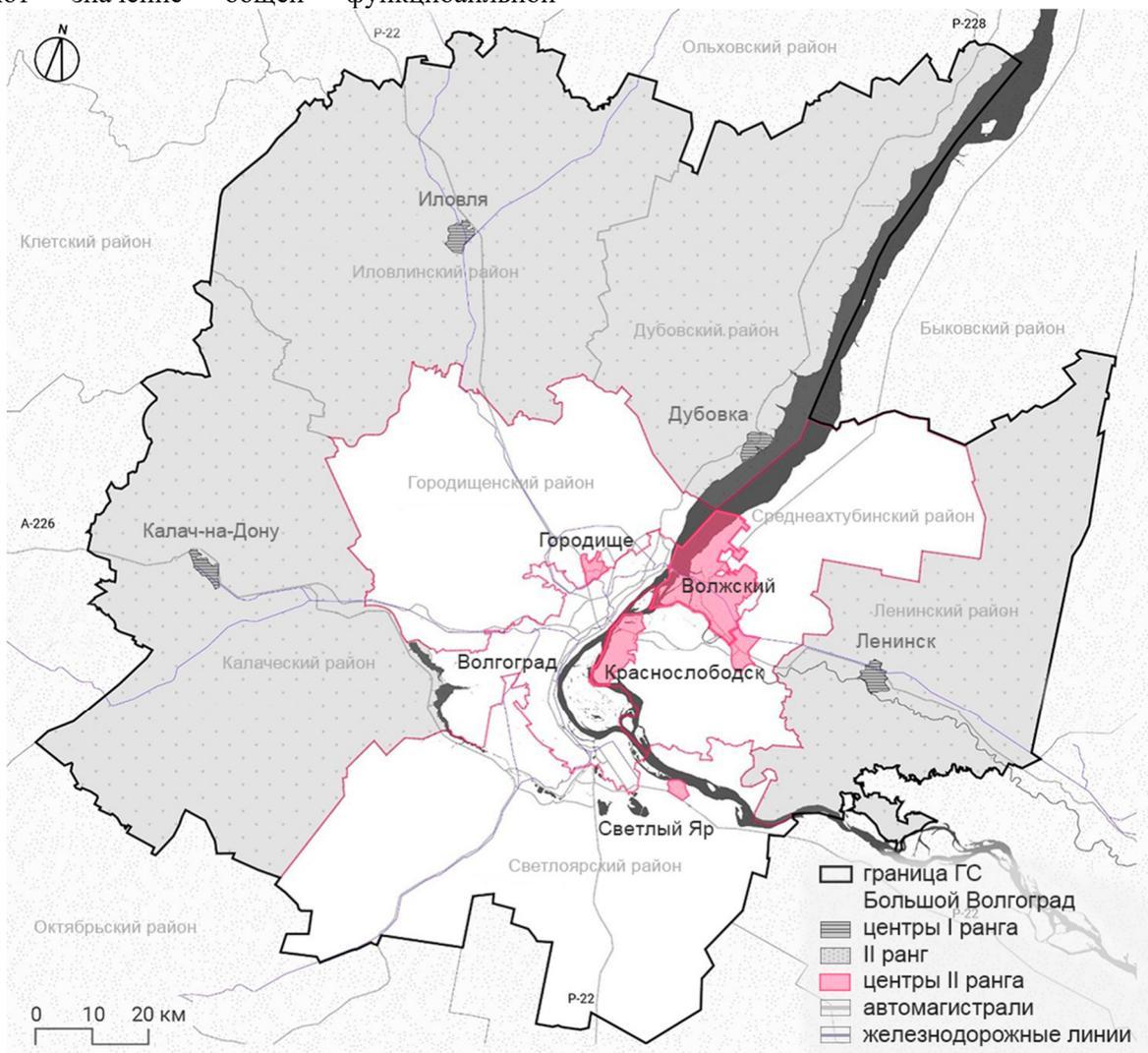


Рис. 6. Территориальные раницы ГС «Большой Волгоград»

**Второй ранг:** Дубовский, Ленинский, Калачевский и Иловлинский районы, для которых выполняется условие  $0,6 \leq S(G, P(i)) < 0,75$ . Данные районы поддерживают устойчивые функциональные связи с Волгоградом, преимущественно в сферах сельского хозяйства, природоохраны и инфраструктуры, и формируют периферийную часть ГС (см. табл. 1). Центры второго ранга: г. Дубовка, р.п. Светлый Яр, г. Ленинск, г. Калач-на-Дону, г. р.п. Иловля (см. рис. 6).

**Третий ранг:** остальные муниципальные районы, значение общей функциональной связанности  $S(G, P(i))$  которых ниже 0,6. Эти территории демонстрируют ограниченные связи с Волгоградом и не включены в состав ГС «Большого Волгограда».

Применение предложенной методики позволило обоснованно установить границы ГС «Большой Волгоград». В рамках исследования выявлено, что установленные границы (см. рис. 6) ГС «Большой Волгоград» могут изменяться в зависимости от конкретной градостроительной ситуации. На это влияют уровень развития транспортного каркаса, развитие планировочной структуры, производственной базы и ряд других факторов, формирующих функциональные связи между населенными пунктами, входящими в состав группового объединения.

Таким образом, ГС «Большой Волгоград» является важным элементом агломерации, сочетая в себе различные функции и обеспечивая условия для устойчивого развития. Ее изучение и оптимальное использование функциональных связей становятся необходимыми условиями для успешного расширения и обогащения экономического и социокультурного потенциала Волгограда и прилегающих территорий.

**Выводы.** Представленная методика определения границ группового объединения градостроительных систем на основе определения границ пригородной зоны отражает, что водно-зеленый каркас (ВЗК) является основой данной системы.

Во-первых, ВЗК интегрирован в структуру группового объединения ГС, охватывая пригородную и зеленые зоны, системы озелененных территорий отдельных ГС и линейные объекты. Пригородная зона, как ключевой элемент ВЗК, формируется на основе взаимодействия города и окружающей территории, что учитывает распределение ресурсов и экологическую устойчивость.

Во-вторых, предложенная авторская методика по определению границ пригородной зоны акцентирует внимание на комплексном подходе,

сочетающем математическое и градостроительное моделирование, а также поэтапный сбор и анализ данных. При этом, экологические связи выделены как один из ключевых критериев при математическом моделировании функциональных связей между городом и пригородом. Градостроительное моделирование также учитывает экологическую оценку пригородной зоны как единой экологической системы.

В-третьих, этапы установления пригородной зоны включают сбор данных, расчет функциональных связей и картографирование, что в совокупности ориентировано на выделение и анализ элементов, входящих в структуру ВЗК. Корректировка границ пригородной зоны на основе изменений в функциональных связях и градостроительной ситуации также подразумевает учет динамики компонентов ВЗК.

Все этапы и методы, представленные в исследовании, направлены на идентификацию, анализ и картографирование элементов ВЗК, что позволяет определить не только границы пригородной зоны, но и оценить вклад каждого элемента ВЗК в устойчивость и функциональность всей градостроительной системы, что является следующим этапом данного исследования.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гущин А.Н., Дивакова М.Н. К определению понятия «водно-зеленый каркас» // Архитектон: известия вузов. 2025. No. 1 (89). С. 13. DOI: 10.47055/19904126\_2025\_1(89)18
2. Шадрина Е. Г. Системный подход как основа создания водно-зеленого городского каркаса // Инновации и инвестиции. 2024. No. 4. С. 614–619. EDN: DTXJFW
3. Шадрина Е.Г., Моложавенко А.П. Практические вопросы создания водно-зеленого городского каркаса // Экономика строительства. 2024. No. 4. С. 397–403. EDN: SXZKEF
4. Ленько А. Д. Водно-зеленый каркас: город – агломерация – регион // Архитектура. Строительство. Дизайн. 2024. No. 1–2 (114–115). С. 41–45. DOI:10.22227/2305-5502.2024.2.113-148 EDN: BLZZQD
5. Андропова Д.Д., Нижегородцева Ю.Е., Гудков А.А. Экологические подходы к формированию общественных приречных пространств как инструмент развития водно-зеленого каркаса города Новокузнецка // Строительство: наука и образование. 2024. No. 2. С. 113–148. DOI: 10.22227/2305-5502.2024.2.113-148
6. Лисакова О.А., Бочкарева И.И. Структурные особенности водно-зеленого каркаса // Естественные и технические науки. 2022. No. 10 (173). С. 83–85. EDN: AXCMZK

7. Дубино А.М., Перькова М.В. Формирование природно-экологического каркаса г. Белгорода // Вестник МГСУ. 2025. Т. 20, №. 2. С. 167–179. DOI: 10.22227/1997-0935.2025.2.167-179 EDN: EVYDPV
8. Антюфеев А.В. "Большой Волгоград" стоимостью сто миллиардов рублей // Социология города. 2008. №. 1. С. 21–24. EDN: KXGOIN
9. Антюфеев А.В., Чернявская Т.А., Чернявский Ю.В. Территориально-кластерная политика развития градостроительных систем // Пром-Инжиниринг. (труды II международной научно-технической конференции, Челябинск – Новочеркасск – Волгоград – Астана, 19–20 мая 2016 года / ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет). 2016. С. 569–574. EDN: WFUNEZ
10. Bilgili B.C., Gökyer E. Urban Green Space System Planning, Landscape Planning // InTech. 2012. Pp. 107–122. DOI: 5772/45877.
11. Авдеева Е. В., Селенина Е. А. Программа развития системы комплексного озеленения и благоустройства территории города Красноярска // Хвойные бореальной зоны. 2018. Том 36. № 1. С. 38–44. EDN ХОКБРВ.
12. Зайкова Е. Ю. Природный каркас города-спутника на периферии мегаполиса // Инновации и инвестиции. 2024. No 7. С. 558–564. EDN IMEDPN.
13. Бойцова Д. В. Общие принципы формирования архитектуры туристических визит-центров при загородных парках // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 10. С. 59–69. DOI 10.34031/2071-7318-2022-7-10-59-69. EDN TANKCL.
14. Emmanuel R., Loconsole A. Green infrastructure as an adaptation approach to tackling urban overheating in the Glasgow Clyde Valley Region // UK. "Landscape and Urban Planning". 2015. No. 138. Pp. 71–86.
15. Onuoha D.C., David D., Odo C.C., Ulasi J.O.J. Urban planning as a tool for climate change adaptation and mitigation in the 21st century national development: a review // Research Journal of Pure Science and Technology. 2024. Vol. 7. No 2. Pp. 70–88. DOI: 10.56201/rjpst.v7.no2.2024.pg70.88
16. Grădinaru S.R., Hersperger A.M. Green infrastructure in strategic spatial plans: Evidence from European urban regions // Urban Forestry & Urban Greening. 2019. Vol. 40. Pp. 17–28. DOI: 10.1016/j.ufug.2018.04.018
17. Буцера О.В., Голубева Е.И. Эколого-экономическая оценка реконструкции зеленых насаждений на территории Национального исследовательского университета "МИЭТ" // Проблемы региональной экологии. 2019. No 6. С. 96–103. DOI: 10.24411/1728-323X-2019-18096. EDN NYJBIE.
18. Farber S., Páez A., Wheeler D. The geography of recreational travel: Characterizing spatial patterns of visitor flow in parks and protected areas. Applied Geography. 2011. 31(2). Pp. 819–828.
19. Church R.L., Marston J.R. Modeling population density functions for global optimization of location problems. Geographical Analysis. 2003. 35(3). Pp. 194–212. DOI: 10.1353/geo.2002.0029
20. Farber S., Páez A. A multivariate multilevel modeling approach to examine leisure mobility behaviour. Journal of Transport Geography. 2009. 17(6) Pp. 452–460.
21. Allen J., Farber S., Hodgson, M. Accessibility analysis using GIS: best practice approaches. Journal of Transport Geography. 2016. 51. Pp. 141–149.
22. Антюфеев А.В., Антюфеева О.А., Птичникова Г.А. Urban transportation planning in the linear city // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. (VIII International Scientific Conference Transport of Siberia. 22–27 May 2020, Novosibirsk, Russia). 2020. Vol. 918 (1). Pp. 7. DOI: 10.1088/1757899X/918/1/012059 EDN: EJKACL
23. Птичникова Г.А., Антюфеев А.В. Problems of sustainable urban development considering the negative impact of hydropower projects on biosphere resources of the territory // International Conference on Smart, Sustainable and Sensuous Settlements Transformation (7th–8th March 2018: proceedings. Munich: Technische Universität München, Germany), 2018. Pp. 121–124
24. Потапова Е.В., Воложжина С.Ж., Бархатова О.А., Макаров А.А. Применение ГИС (геоинформационных систем) в ИСОГД (информационной системе обеспечения градостроительной деятельности) для формирования жизнеспособного города // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. No. 10. С. 28–32. EDN: QEMFUJ
25. Прокопенко В.В., Барбаров И.И. Градостроительные особенности взаимосвязи зеленой зоны с системой озелененных территорий города // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. No. 2(87). С. 261–269. EDN: RKDKYJ

Информация об авторах

**Прокопенко Вячеслав Валентинович**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры урбанистики и теории архитектуры. E-mail: v.v.p\_24@mail.ru. Институт архитектуры и строительства Волгоградского государственного технического университета. Россия, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, д. 1,

Поступила 17.08.2025 г.

© Прокопенко В.В., 2026

**Prokopenko V.V.**

Volgograd State Technical University

E-mail: v.v.p\_24@mail.ru

## METHODOLOGY OF DETERMINING THE BOUNDARIES OF THE SUBURBAN ZONE AS A KEY ELEMENT OF THE WATER-GREEN FRAME OF A GROUP OF PLANNED DEVELOPMENT SYSTEMS

**Abstract.** *The spatial characteristics of the water and green framework (hereinafter referred to as the WGF) at the level of a group of urban planning systems (hereinafter referred to as the UPS) are determined by the structure and properties of the UPS that make up the WGF. For a comprehensive analysis, it is proposed to systematize the zones and subsystems of the WGF, which includes the suburban and green zones, the subsystems of the greened territories of individual UPS, and the linear objects that ensure their interconnection. The key element of the WGF structure at the level of a group of UPS is the suburban zone, which requires the definition of its boundaries.*

*The article presents an author's methodology for determining the boundaries of a suburban zone based on a comprehensive approach that combines mathematical and urban planning modeling, as well as a step-by-step procedure for collecting and analyzing data. Mathematical modeling involves calculating the overall functional connection between the central city and suburban settlements based on economic, infrastructure, recreational, cultural, labor, and environmental ties. Urban planning modeling involves ranking territories based on their dependence on the central city, determining the functional types of territories, analyzing transportation accessibility, and conducting environmental assessments.*

*The implementation of this methodology allows us to create an algorithm for determining the boundaries of the suburban zone, which includes the collection of relevant data, the determination of weight coefficients for various criteria, the calculation of the general functional connection function, the establishment of a threshold value for this function, and the subsequent mapping of the results. The proposed methodology develops the scientific and design concept of the Greater Volgograd and provides an opportunity for a numerical assessment of the functional connections between the city and its surrounding areas, which is essential for determining the boundaries of the group association of the Greater Volgograd and developing an effective strategy for the spatial development of the agglomeration.*

**Keywords:** *water and green frame, urban planning system, group association of urban planning systems, GS Bolshoy Volgograd.*

### REFERENCES

1. Gushhin A.N., Divakova M.N. Towards the definition of the concept of "water-green framework" [K opredeleniyu ponyatiya «vodno-zeleny`j karkas»]. *Arxitekton: izvestiya vuzov*. 2025. No. 1(89). Pp. 13. DOI 10.47055/19904126\_2025\_1(89)\_18 (rus)
2. Shadrina E.G. A systematic approach as the basis for creating a water-green urban framework [Sistemny`j podxod kak osnova sozdaniya vodno-zelenogo gorodskogo karkasa]. *Innovations and Investments*. 2024. No. 4. Pp. 614–619. EDN: DTXJFW. (rus).
3. Shadrina E.G., Molozhavenko A.P. Practical issues of creating a water-green urban framework [Prakticheskie voprosy` sozdaniya vodno-zelenogo gorodskogo karkasa]. *Construction Economics*. 2024. No. 4. Pp. 397–403. EDN: SXZKEF. (rus).
4. Len`ko A., Tolovenkova D. Water and Green Framework: City – Agglomeration - Region [Vodno-zeleny`j karkas: gorod - aglomeraciya – region]. *Architecture. Construction. Design*. 2024. No. 1-2(114-115). Pp. 41–45. DOI:10.22227/2305-5502.2024.2.113-148 EDN: BLZZQD (rus).
5. Andropova D.D., Nizhegorodceva Yu. E., Gudkov A. A.E. Ecological approaches to the formation of public riverfront spaces as a tool for the development of the water and green framework of the city of Novokuznetsk [`kologicheskie podxody` k formirovaniyu obshhestvenny`x prirechny`x prostranstv kak instrument razvitiya vodno-zelenogo karkasa goroda Novokuzneczka]. *Construction: Science*

and Education. 2024. No.2. Pp. 113–148. DOI: 10.22227/2305-5502.2024.2.113-148. (rus).

6. Lisakova O.A., Bochkareva I.I. Structural features of the water-green framework [Strukturny`e osobennosti vodno-zelenogo karkasa]. Natural and technical sciences. 2022. No. 10(173). Pp. 83–85. EDN: AXCMZK. (rus).

7. Dubino A. M., Per`kova M.V. Formation of the Natural and Ecological Framework of Belgorod [Formirovanie prirodno-e`kologicheskogo karkasa g. Belgoroda]. Vestnik MGSU. 2025. No.2. Pp. 167–179. DOI 10.22227/1997-0935.2025.2.167-179. EDN EVYPDV. (rus).

8. Antyufeev A.V. "Big Volgograd" worth 100 billion rubles [Bol`shoj Volgograd stoimost`yu sto milliardov rublej]. Urban Sociology. 2008. No. 1. Pp. 21–24. EDN: KXGOIN. (rus).

9. Antyufeev A.V., Chernyavskaya T.A., Chernyavskij Yu.V. Territorial and Cluster Policy for the Development of Urban Planning Systems [Territorial`no-klasternaya politika razvitiya gradostroitel`ny`x system]. Prom-Engineering. (Proceedings of the II International Scientific and Technical Conference, Chelyabinsk - Novocheboksary - Volgograd - Astana, May 19-20, 2016 / South Ural State University (National Research University). 2016. Pp. 569–574. EDN: WFUNEZ. (rus).

10. Bilgili B.C., Gökyer E. Urban Green Space System Planning, Landscape Planning. InTech. 2012. Pp. 107–122. DOI: 10.5772/45877.

11. Avdeeva E. V., Selenina E. A. Program for the development of a comprehensive system of landscaping and improvement of the territory of the city of Krasnoyarsk [Programma razvitiya sistemy` kompleksnogo ozeleneniya i blagoustrojstva territorii goroda Krasnoyarska]. Conifers of the boreal zone. 2018. Vol. 36. No 1. Pp. 38–44. EDN XOKBRB. (rus).

12. Zajkova E. Yu. The natural framework of a satellite city on the periphery of a metropolis [Prirodny`j karkas goroda-sputnika na periferii megapolisa]. Innovations and Investments. 2024. No 7. Pp. 558–564. EDN IMEDPN.

13. Bojczova D. V. General Principles of Forming the Architecture of Tourist Visit Centers in Country Parks [Obshhie principy` formirovaniya arxitektury` turisticheskix vizit-centrov pri zago-rodny`x parkax]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2022. No 10. Pp. 59–69. DOI 10.34031/2071-7318-2022-7-10-59-69. EDN TANKCL. (rus).

14. Emmanuel R., Loconsole A. Green infrastructure as an adaptation approach to tackling urban overheating in the Glasgow Clyde Valley Region. UK. "Landscape and Urban Planning". 2015. No. 138. Pp. 71–86.

15. Onuoha D.C., David D., Odo C.C., Ulasi J.O.J. Urban planning as a tool for climate change adaptation and mitigation in the 21st century national development: a review. Research Journal of Pure Science and Technology. 2024. Vol. 7. No. Pp. 70–88. DOI: 10.56201/rjpst.v7.no2.2024.pg70.88

16. Grădinaru S.R., Hersperger A.M. Green infrastructure in strategic spatial plans: Evidence from European urban regions. Urban Forestry & Urban Greening. 2019. Vol. 40. Pp. 17–28. DOI: 10.1016/j.ufug.2018.04.018

17. Bucerova O.V., Golubeva E.I. Environmental and economic assessment of the reconstruction of green spaces on the territory of the National Research University "MIET" [E`kologo-e`konomicheskaya ocenka rekonstrukcii zeleny`x nasazhdenij na territorii Nacional`nogo issledovatel`skogo universiteta MIE`T]. Problems of Regional Ecology. 2019. No 6. Pp. 96–103. DOI 10.24411/1728-323X-2019-18096. EDN NYJBIE.

18. Farber S., Páez A., Wheeler D. The geography of recreational travel: Characterizing spatial patterns of visitor flow in parks and protected areas. Applied Geography. 2011. 31(2). Pp. 819–828.

19. Church R. L., Marston J. R. Modeling population density functions for global optimization of location problems. Geographical Analysis. 2003. 35(3). Pp. 194–212. DOI: 10.1353/geo.2002.0029

20. Farber S., Páez, A. A multivariate multilevel modeling approach to examine leisure mobility behaviour. Journal of Transport Geography. 2009. 17(6). Pp. 452–460.

21. Allen J., Farber S., Hodgson M. Accessibility analysis using GIS: best practice approaches. Journal of Transport Geography. 2016. 51. Pp. 141–149.

22. Antyufeev A.V., Antyufeeva O.A., Ptichnikova G. A. Urban transportation planning in the linear city. (IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 918 (1): VIII International Scientific Conference Transport of Siberia - 2020 (22-27 May 2020, Novosibirsk, Russia). 2020. Pp. 7 p. DOI: 10.1088/1757-899X/918/1/012059. EDN: EJKACL

23. Ptichnikova, G.A., Antyufeev A.V. Problems of sustainable urban development considering the negative impact of hydropower projects on biosphere resources of the territory. (International Conference on Smart, Sustainable and Sensuous Settlements Transformation (3SSettlements) (7th-8th March 2018): proceedings. – Munich: Technische Universität München (TUM Germany). 2018. Pp. 121–124

24. Potapova E.V., Vologzhina S.Zh., Barxatova O.A., Makarov A.A. Application of GIS (Geoinformation Systems) in ISOGD (Information System for Urban Development) for the Formation

of a Viable Cit [Primenenie GIS (geoinformaciny`x sistem) v ISOGD (informacionnoj sisteme obespecheniya gradostroitel`noj deyatel`nosti) dlya formirovaniya zhiznesposobnogo goroda]. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2020. № 10. Pp. 28–32. EDN: QEMFUJ (rus).

25. Prokopenko V.V., Barbarov I.I. Urban planning features of the relationship between the green

zone and the system of green areas in the cit [Gradostroitel`ny`e osobennosti vzaimosvyazi zelenoj zony` s sistemoj ozelenenny`x territorij goroda]. Vestnik of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Seriya: Stroitel`stvo i arhitektura. 2022. No. 2(87). Pp. 261–269 EDN: RKDKYJ (rus).

*Information about the author*

**Prokopenko, Vyacheslav V.** Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor. E-mail: v.v.p\_24@mail.ru. Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia

---

*Received 17.08.2025*

**Для цитирования:**

Прокопенко В.В. Методика определения границ пригородной зоны как ключевого элемента водно-зеленого каркаса группового объединения градостроительных систем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2026. № 3. С. 116–127. DOI: 10.34031/2071-7318-2026-11-3-116-127

**For citation:**

Prokopenko V.V. Methodology of determining the boundaries of the suburban zone as a key element of the water-green frame of a group of planned development systems. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2026. No. 3. Pp. 116–127. DOI: 10.34031/2071-7318-2026-11-3-116-127